

## Metode uji penentuan faktor-faktor susut tanah





© BSN 2012

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

**BSN**  
Gd. Manggala Wanabakti  
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.  
Telp. +6221-5747043  
Fax. +6221-5747045  
Email: [dokinfo@bsn.go.id](mailto:dokinfo@bsn.go.id)  
[www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)

Diterbitkan di Jakarta



## Daftar isi

Daftar isi .....	i
Prakata .....	ii
Pendahuluan.....	i
1 Ruang lingkup .....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi .....	1
4 Peralatan .....	2
5 Contoh tanah .....	3
6 Cara uji .....	3
7 Perhitungan kadar air.....	4
8 Perhitungan batas susut .....	5
9 Perhitungan rasio susut .....	5
10 Perhitungan perubahan volume .....	6
11 Perhitungan susut lineal.....	6
12 Ketelitian.....	7
Lampiran A (normatif) Contoh formulir isian.....	8
Lampiran B (informatif) Contoh formulir isian .....	9
Lampiran C (informatif) Contoh pengisian formulir .....	10
Bibliografi.....	11
 Gambar 1 - Peralatan untuk menentukan faktor susut tanah .....	 2
Gambar 2 - Grafik hubungan antara perubahan volume dan susut lineal.....	6
 Tabel 1 - Ketelitian satu teknisi .....	 7
Tabel 2 - Ketelitian multilaboratorium .....	7



## Prakata

Standar Nasional Indonesia tentang Metode uji penentuan faktor-faktor susut tanah adalah revisi dari SNI 03-4144-1996, Metode Pengujian Perubahan Volume Susut Tanah. Standar ini mengacu pada AASHTO Designation T92-97 (2005), *Standard Method of Test for Determining the Shrinkage Factors of Soils*. Detail penjelasan revisi pada standar ini disampaikan pada Lampiran A.

SNI ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Geoteknik Jalan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas dalam forum rapat konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 16 Agustus 2011 di Bandung oleh Subpanitia Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.





## Pendahuluan

Pengujian penentuan faktor-faktor susut tanah yang dimaksudkan pada standar ini adalah menetapkan karakteristik tanah yang terkait dengan sifat kembang susut dengan menghitung nilai-nilai berikut: (a) batas susut, (b) perubahan volume, (c) rasio susut dan (d) susut lineal untuk keperluan perencanaan dan pelaksana.

Secara umum pengujian penentuan faktor-faktor susut tanah mencakup penyiapan peralatan, contoh, penentuan kadar air, massa contoh tanah basah, massa contoh tanah kering, volume contoh tanah, penentuan nilai batas susut, perubahan volume dan susut lineal.





## Metode uji penentuan faktor-faktor susut tanah

### 1 Ruang lingkup

**1.1** Metode uji meliputi cara menentukan karakteristik tanah dengan menghitung nilai-nilai berikut: (a) batas susut, (b) perubahan volume, (c) rasio susut dan (d) susut lineal.

**1.2** Hal-hal berikut berlaku untuk semua batasan-batasan yang ditentukan pada standar ini: untuk tujuan penentuan kesesuaian dengan standar ini, nilai yang diamati atau nilai yang dihitung harus dibulatkan ke unit terdekat.

**1.3** Satuan yang digunakan dalam standar ini dinyatakan dalam SI.

### 2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut diperlukan untuk penggunaan metode uji ini.

SNI 6414, *Spesifikasi timbangan yang digunakan pada pengujian bahan*.

SNI 1975, *Metode mempersiapkan tanah dan tanah mengandung agregat*.

SNI 6865, *Tata cara pelaksanaan program uji antar laboratorium untuk penentuan presisi metode uji bahan konstruksi*

ASTM C 670, *Recommended Practice for Preparing Precision Statements for Test Methods for Construction Material*

AASHTO R16, *Standard Recommended Practice for Regulatory Information for Chemicals Used in AASHTO Tests*.

### 3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang digunakan dalam standar ini adalah sebagai berikut:

#### 3.1

##### **perubahan volume tanah**

pengurangan massa tanah yang disebabkan oleh pengurangan kadar air tanah awal sampai dengan kadar air pada batas susut tanah.

#### 3.2

##### **batas susut**

kadar air batas minimum ketika pengurangan kadar air tersebut tidak menyebabkan perubahan volume tanah.

#### 3.3

##### **rasio susut**

perbandingan antara perubahan volume tanah dan perubahan kadar air di atas batas susut.

#### 3.4

##### **susut lineal**

pengurangan satu dimensi massa tanah apabila kadar air dikurangi hingga batas susutnya.



## 4 Peralatan

### 4.1 Peralatan pengujian harus terdiri dari:

#### 4.1.1 Mangkok

4.1.1.1 Mangkok porselen (*evaporating dish*) dengan diameter 115 mm.

4.1.1.2 Mangkok porselen (*evaporating dish*) berdiameter 150 mm.

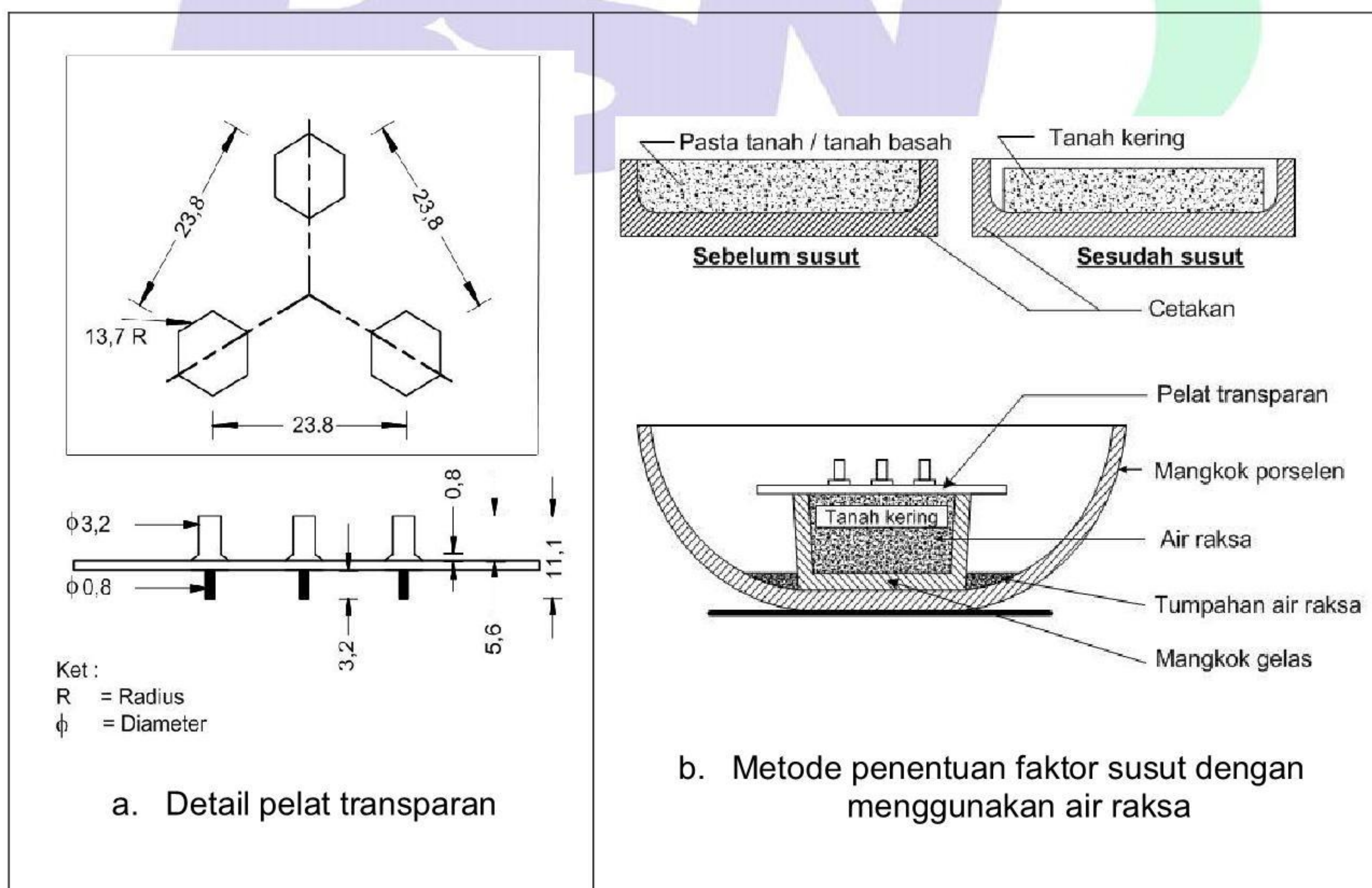
4.1.2 *Spatula* – spatula atau pisau perata dengan panjang 75 mm dan lebar 20 mm.

4.1.3 *Cetakan* – cetakan terbuat dari porselen atau logam anti karat dengan dasar rata berdiameter 45 mm dan tinggi 12,7 mm.

4.1.4 *Mistar perata* – mistar perata yang terbuat dari pelat besi dengan panjang minimum 100 mm.

4.1.5 *Mangkok gelas* – mangkok gelas diameter 50 mm, tinggi 25 mm dengan bagian atas dan bagian dasar yang rata dan datar.

4.1.6 *Pelat transparan* – pelat transparan yang dilengkapi dengan tiga buah kaki logam anti karat (Gambar 1a) untuk menekan benda uji hingga tenggelam dalam larutan air raksa (Gambar 1b).



**CATATAN:** seluruh ukuran dalam gambar dinyatakan dalam milimeter (mm) dan gambar tidak berskala

**Gambar 1 - Peralatan untuk menentukan faktor susut tanah**



**4.1.7 Gelas ukur** – gelas ukur kapasitas 25 ml dengan skala interval 0,2 ml.

**4.1.8 Timbangan** – timbangan dengan kapasitas yang memadai, sesuai dengan SNI 03-6414.

**4.1.9 Air raksa** – air raksa dengan jumlah yang cukup untuk mengisi penuh mangkok gelas.

**4.1.10 Oven** – oven yang dapat diatur temperaturnya dan mampu mempertahankan temperatur  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  untuk mengeringkan contoh.

## 5 Contoh tanah

**5.1** Contoh tanah yang digunakan adalah material yang lolos ayakan 0,425 mm yang telah dicampur dengan baik dengan massa kurang lebih 30 g. Contoh tanah ini disiapkan berdasarkan SNI 03-1975 (AASHTO : *Standar Method of Dry Preparation of Disturbed Soil and Soil Aggregate Samples for test (T 87)* atau *Standard Method of Wet Preparation of Disturbed Soil Samples for Test (T 146)*).

## 6 Cara uji

**6.1** Letakkan contoh uji tanah dalam mangkok porselen berdiameter 115 mm. Tambahkan air sedikit demi sedikit dan aduk rata hingga seluruh pori-pori tanah terisi oleh air. Tambahkan terus air hingga contoh berbentuk seperti pasta dan tidak mengandung gelembung udara sehingga siap untuk dicetak dalam cetakan.

Jumlah air yang diperlukan untuk menghasilkan konsistensi yang diinginkan untuk jenis tanah yang mudah menggumpal (*friable*) adalah sama dengan atau sedikit lebih besar dari batas cairnya, dan jumlah air yang diperlukan untuk mencapai konsistensi yang diinginkan untuk jenis tanah plastis dapat lebih besar dari batas cairnya hingga 10%.

**6.2** Bagian dalam cetakan harus diberi lapisan tipis vaselin atau minyak lainnya untuk mencegah melekatnya contoh tanah pada cetakan.

- a) Letakkan contoh uji tanah sebanyak sepertiga volume cetakan pada bagian tengah cetakan.
- b) Ketuk-ketukkan cetakan beberapa kali agar contoh tanah dapat mengalir dan mengisi ujung-ujung cetakan. Lakukan pengetukkan pada permukaan yang keras yang telah dilapisi dengan kertas, kain atau material sejenis.
- c) Kemudian tambahkan kembali contoh tanah, kira-kira sama banyaknya dengan bagian pertama dan ketuk-ketukkan kembali cetakan hingga contoh tanah terpadatkan dan seluruh udara yang ada keluar ke permukaan.
- d) Lakukan terus penambahan contoh tanah dan pengetukan hingga cetakan penuh. Kelebihan contoh tanah pada cetakan harus dibuang dengan menggunakan mistar perata dan semua tanah yang menempel di bagian luar cetakan harus dibersihkan.



**6.3** Cetakan yang telah terisi penuh, rapi dan bersih harus segera ditimbang dan dicatat massanya. Massa tersebut menyatakan massa cetakan dan contoh tanah basah.

- Cetakan berisi contoh tanah basah tersebut harus dibiarkan mengering pada temperatur ruangan hingga warna contoh tanah berubah dari gelap menjadi lebih terang (kurang lebih 24 jam). Selanjutnya, cetakan beserta contoh tanah dioven pada temperatur  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (kurang lebih 24 jam) hingga massanya tetap kemudian ditimbang. Massa tersebut menyatakan massa cetakan dan contoh tanah kering. Tentukan dan catat pula massa cetakan kosong.
- Kapasitas cetakan adalah dalam ml yang juga dapat digunakan untuk menyatakan volume contoh tanah basah. Volume contoh tanah basah ditentukan dengan cara mengisi penuh cetakan dengan air raksa hingga tumpah. Tekan pelat transparan pada bagian atas cetakan, dan ukur volume air raksa yang tertinggal dalam cetakan menggunakan gelas ukur.
- Alternatif lain penentuan volume contoh tanah basah adalah dengan cara menentukan volume cetakan dengan menimbang air raksa yang ada dalam cetakan hingga ketelitian 0,1 g dan hitung volumenya dalam ml menggunakan rumus  $V = m / \gamma$ , dengan  $m$  = massa air raksa dalam cetakan dalam gram dan  $\gamma = 13,5\text{ g/ml}$  (massa isi air raksa). Volume ini harus dicatat sebagai volume contoh tanah basah,  $V$ .

**6.4** Volume tanah kering harus ditentukan dengan mengeluarkan tanah kering oven dari cetakan dan memasukkannya dalam mangkok gelas yang terisi penuh oleh air raksa. Tekan tanah kering oven hingga tenggelam, dengan ketentuan sebagai berikut:

- Mangkok gelas harus diisi penuh dengan air raksa hingga melimpas, kemudian tekan pelat transparan secara kuat di atas mangkok gelas.
- Bersihkan air raksa yang masih menempel pada bagian luar mangkok gelas.
- Kemudian, letakkan mangkok gelas yang berisi air raksa dalam mangkok porselen diameter 150 mm dan tempatkan tanah kering pada permukaan air raksa dalam mangkok gelas. Secara perlahan-lahan tekan contoh tanah kering ke dalam air raksa menggunakan pelat transparan hingga pelat transparan menyentuh bibir mangkok gelas. Sangat penting untuk memastikan bahwa tidak ada udara yang terjebak di bawah contoh tanah kering.
- Tentukan volume tanah kering,  $V_o$ , dalam ml, dengan cara mengukur air raksa yang tumpah dari mangkok gelas ke mangkok porselen atau dengan menentukan massa air raksa hingga ketelitian 0,1 g. Hitung volume dalam ml menggunakan rumus  $V_o = m / \gamma$ , dimana,  $m$  = massa air raksa yang tumpah dalam g dan  $\gamma = 13,5\text{ g/ml}$ . Volume tanah kering harus dicatat sebagai  $V_o$ .

## 7 Perhitungan kadar air

**7.1** Kadar air tanah pada saat tanah ditempatkan dalam cetakan dinyatakan sebagai persen massa tanah kering dan dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$w = \frac{W_2 - W_3}{W_o} \times 100 \quad (1)$$

$$W_o = W_3 - W_1$$



**Keterangan:**

- $w$  adalah kadar air (%)  
 $W_1$  adalah massa cetakan (g)  
 $W_2$  adalah massa cetakan + massa contoh tanah basah (g)  
 $W_3$  adalah massa cetakan + massa contoh tanah kering (g)  
 $W_0$  adalah massa contoh tanah kering (g)

**7.1.1** Hitung kadar air hingga ketelitian 0,1 %.

## 8 Perhitungan batas susut

### 8.1 Perhitungan

**8.1.1** Batas susut,  $S_L$ , dihitung menggunakan rumus berikut

$$S_L = w - \frac{V - V_0}{W_0} \times 100 \quad (2)$$

**Keterangan:**

- $S_L$  adalah batas susut (%)  
 $w$  adalah kadar air (%)  
 $V$  adalah volume contoh tanah basah (ml)  
 $V_0$  adalah volume contoh tanah kering (ml)  
 $W_0$  adalah massa contoh tanah kering (g)

**8.1.1.1** Hitung batas susut hingga ketelitian 0,1 %.

### 8.2 Metode alternatif

**8.2.1** Jika diketahui nilai massa jenis,  $G_s$ , dan rasio susut,  $R$ , maka batas susut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$S_L = \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{G_s} \right) \times 100 \quad (3)$$

**Keterangan :**  $S_L$  dinyatakan dalam %.

## 9 Perhitungan rasio susut

### 9.1 Perhitungan

**9.1.1** Rasio susut,  $R$ , dihitung menggunakan rumus berikut:

$$R = \frac{W_0}{V_0} \quad (4)$$

**Keterangan:**

- $V_0$  adalah volume contoh tanah kering (ml)  
 $W_0$  adalah massa contoh tanah kering (g)

**9.1.1.1** Hitung rasio susut hingga ketelitian 0,1.



## 10 Perhitungan perubahan volume

### 10.1 Perhitungan

10.1.1 Perubahan volume, VC, dihitung menggunakan rumus berikut:

$$VC = (w - S_L) R \quad (5)$$

**Keterangan:**

VC adalah perubahan volume (%)  
 w adalah kadar air contoh uji (%)  
 S<sub>L</sub> adalah batas susut (%)  
 R adalah rasio susut

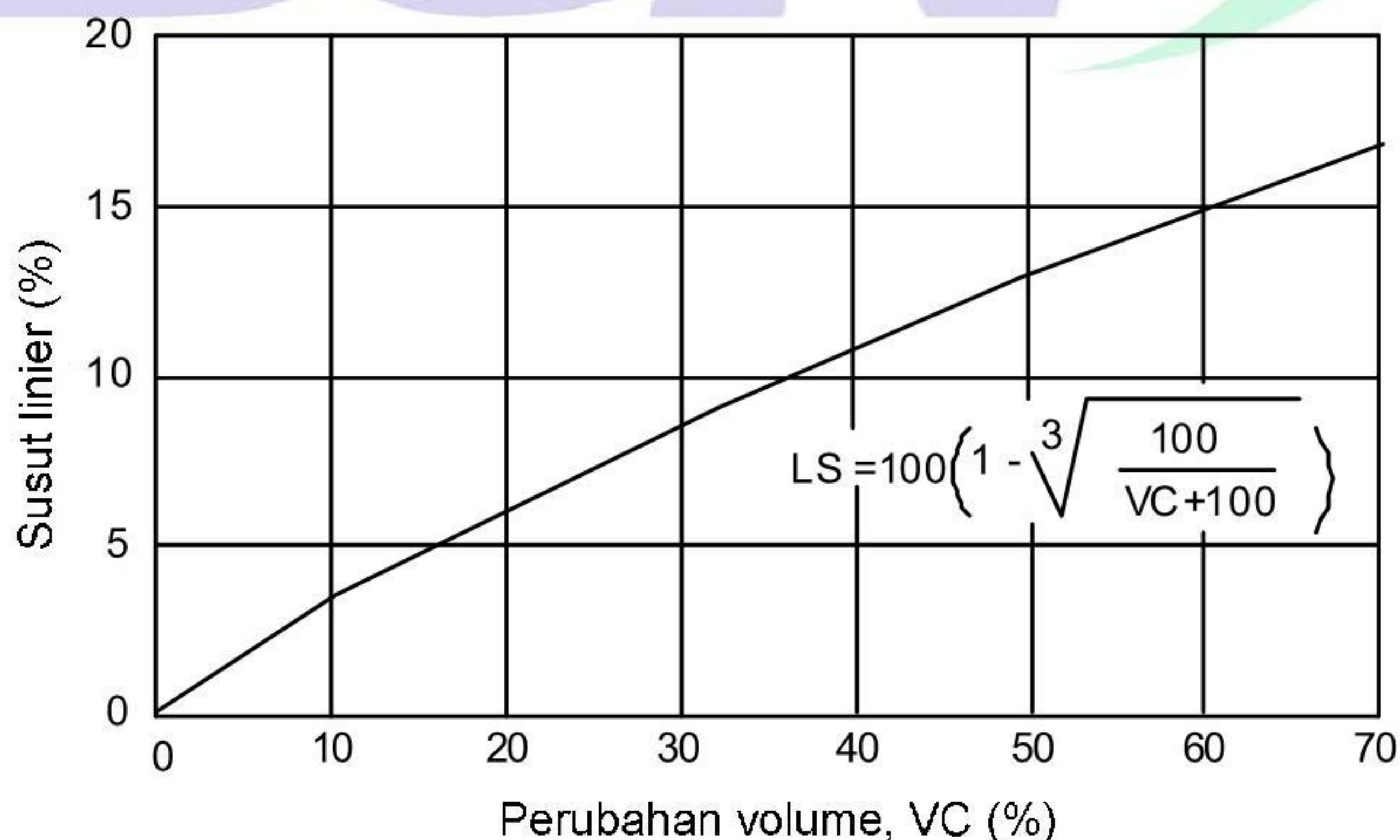
10.1.1.1 Hitung perubahan volume hingga ketelitian 0,1 %

## 11 Perhitungan susut lineal

11.1 Susut lineal, LS, harus diperoleh dengan menggunakan metode perhitungan rumus atau dengan menggunakan grafik. Apabila menggunakan rumus, maka digunakan persamaan berikut ini:

$$LS = 100 \left( 1 - \sqrt[3]{\frac{100}{VC + 100}} \right) \quad (6)$$

Selain itu dapat juga menggunakan grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 2 yang menyatakan hubungan antara perubahan volume dan susut lineal seperti ditunjukkan pada persamaan (6).



**Gambar 2 - Grafik hubungan antara perubahan volume dan susut lineal**

11.1.1 Hitung susut lineal hingga ketelitian terdekat.

11.1.2 Pengujian harus dilakukan minimal dua kali.



## 12 Ketelitian

12.1 Kriteria penentuan faktor susut tanah adalah sebagai berikut:

**Catatan 1** – Nilai-nilai yang tercantum pada kolom 2 adalah standar deviasi yang sesuai untuk pengujian yang tercantum pada kolom 1. Nilai-nilai pada kolom 3 adalah batas-batas yang tidak boleh terlampaui pada hasil dua pengujian yang telah dilaksanakan.

### 12.1.1 Ketelitian satu teknis

**Tabel 1 - Ketelitian satu teknis**

Jenis pengujian	Deviasi standar	Rentang yang dapat diterima dari dua hasil pengujian
Kadar air	Tidak ada data	Tidak ada data
Batas susut	0,91	2,6
Rasio susut	0,020	0,06
Perubahan volume	Tidak ada data	Tidak ada data
Susut lineal	Tidak ada data	Tidak ada data

**CATATAN:** Nilai-nilai pada Tabel 1 mewakili batas-batas pertama dan kedua seperti dijelaskan pada ASTM *Recommended Practice C 670 for Preparing Precision Statements for Test Methods for Construction Materials*.

### 12.1.2 Ketelitian multilaboratorium

**Tabel 2 - Ketelitian multilaboratorium**

Jenis pengujian	Deviasi standar	Rentang yang dapat diterima dari dua hasil pengujian
Kadar air	Tidak ada data	Tidak ada data
Batas susut	2,42	6,8
Rasio susut	0,055	0,16
Perubahan volume	Tidak ada data	Tidak ada data
Susut lineal	Tidak ada data	Tidak ada data

**CATATAN:** Nilai-nilai pada Tabel 2 mewakili batas-batas pertama dan kedua seperti dijelaskan pada ASTM *Recommended Practice C 670 for Preparing Precision Statements for Test Methods for Construction Materials*.



**Lampiran A**  
**(informatif)**  
**Penjelasan revisi SNI 03-4144-1996**

Metode uji penentuan faktor-faktor susut tanah yang diuraikan pada standar ini relatif sama dengan Metoda pengujian perubahan volume susut tanah pada SNI 03-4144-1996, kecuali beberapa perbaikan, lihat Tabel A.1.

**Tabel A.1 – Perbandingan antara SNI 03-4144-1996 dan SNI 4144 : 2012**

No.	Uraian	SNI 03-4144-1996	SNI 4144 : 2012
1	Judul	Metoda pengujian perubahan volume susut tanah	Metode uji penentuan faktor-faktor susut tanah.
2	Tata cara penulisan	Tidak diuraikan	Diuraikan pada prakata, mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) No. 03.1:2007.
3	Pendahuluan	Tidak diuraikan	Diuraikan mencakup ruang lingkup pengujian.
4	Istilah dan definisi	Diuraikan	Diuraikan mencakup istilah dan definisi yang digunakan pada SNI 4144 : 20XX
5	Cara uji	Diuraikan secara singkat	Diuraikan secara detail setiap langkah-langkah pengujiannya
6	Perhitungan	Terdapat 3 rumus: 1. Volume susut 2. Batas susut 3. Rasio susut	Terdapat 5 rumus: 1. Volume susut 2. Batas susut alternatif 1 3. Batas susut alternatif 2 4. Rasio susut 5. Susut lineal
5	Formulir	Tidak diuraikan	Diuraikan dalam bentuk formulir sesuai dengan langkah-langkah dalam prosedur pengujian.



**Lampiran B**  
**(normatif)**  
**Contoh formulir isian**

**KOP INSTANSI PENGUJI**

Proyek / Pekerjaan : .....  
 Lokasi Contoh : .....  
 No. Contoh / Kedalaman : .....  
 Jenis Contoh : .....

Tanggal : .....

**PENGUJIAN PENENTUAN FAKTOR-FAKTOR SUSUT TANAH**

1	Nomor Cetakan			
2	Massa Cetakan = $W_1$ (g)			
3	Massa Cetakan + Contoh Basah = $W_2$ (g)			
4	Massa Cetakan + Contoh Kering = $W_3$ (g)			
5	Massa Air = $W_2 - W_3$ (g)			
6	Massa Contoh Kering = $W_3 - W_1$ (g)			
7	Volume Contoh Basah = $V$ (ml)			
8	Volume Contoh Kering = $V_0$ (ml)			
9	Kadar Air = $w$ (%)			
10	Batas Susut, $S_L$ = $w - \frac{V - V_0}{W_0} \times 100$ (%)			
11	Rasio Susut, $R$ = $\frac{W_0}{V_0}$			
12	Perubahan Volume, $VC$ = $(w - S_L) R$			
13	Susut Linear, $LS$ = $100 \left( 1 - \sqrt[3]{\frac{100}{VC + 100}} \right)$ (%)			
	Rata-rata			

Penyelia laboratorium,

Pelaksana,

(.....)

(.....)



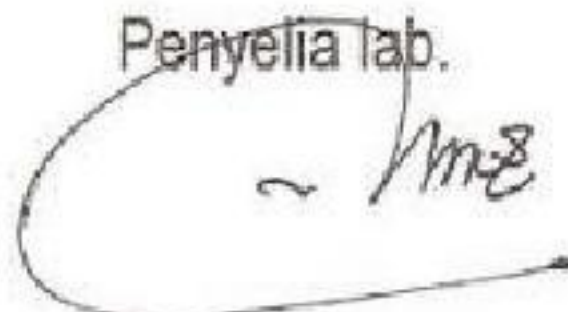
**Lampiran C**  
**(informatif)**  
**Contoh pengisian formulir**

**KOP SURAT INSTITUSI/LEMBAGA/INSTANSI**

Proyek / Pekerjaan	: Monev Skala Penuh Timb. Ringan	Tanggal : 06/22/2011
Lokasi Contoh	: Pangkalan Bun, Kalteng	
No. Contoh / Kedalaman	: BM 1 - UDS 2 / 9,50 - 10,00 m	
Jenis Contoh	: Lemp. Pasiran Abu-abu putih	

**PENGUJIAN PENENTUAN FAKTOR-FAKTOR SUSUT TANAH**

1	Nomor Cetakan		<b>A</b>	<b>4</b>	
2	Massa Cetakan	= $W_1$ (g)	16,40	21,12	
3	Massa Cetakan + Contoh Basah	= $W_2$ (g)	47,40	44,75	
4	Massa Cetakan + Contoh Kering	= $W_3$ (g)	35,91	35,99	
5	Massa Air	= $W_2 - W_3$ (g)	11,49	8,76	
6	Massa Contoh Kering	= $W_3 - W_1$ (g)	19,51	14,87	
7	Volume Contoh Basah	= $V$ (ml)	18,87	13,87	
8	Volume Contoh Kering	= $V_0$ (ml)	11,62	8,33	
9	Kadar Air	= $w$ (%)	58,90	58,90	
10	Batas Susut, $S_L$	= $w - \frac{V - V_0}{W_0} \times 100$ (%)	21,70	21,70	
11	Rasio Susut, $R$	= $\frac{W_0}{V_0}$	1,70	1,80	
12	Perubahan Volume, $VC$	= $(w - S_L) R$	62,40	66,50	
13	Susut Linear, $LS$	= $100 \left( 1 - \sqrt[3]{\frac{100}{VC + 100}} \right)$ (%)	14,90	15,60	
	Rata -rata		15,3		

Penyelia lab.  
  
Sumarno

Pelaksana  
  
Yayah Rokayah, A.Md



## Bibliografi

Head, K.H., 2006. *Manual of Soil Laboratory Testing, Volume 1: Soil Classification and Compaction Tests*.

